



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مواد پرانرژی

(مواد منفجره، پیروتکنیک و پیشرانه)

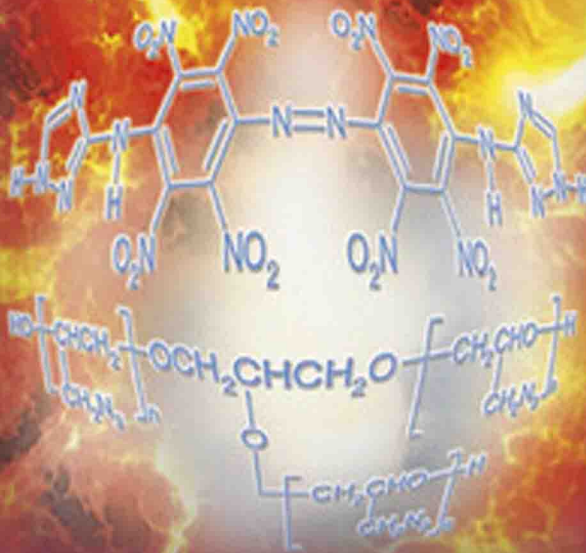
High Energy Materials

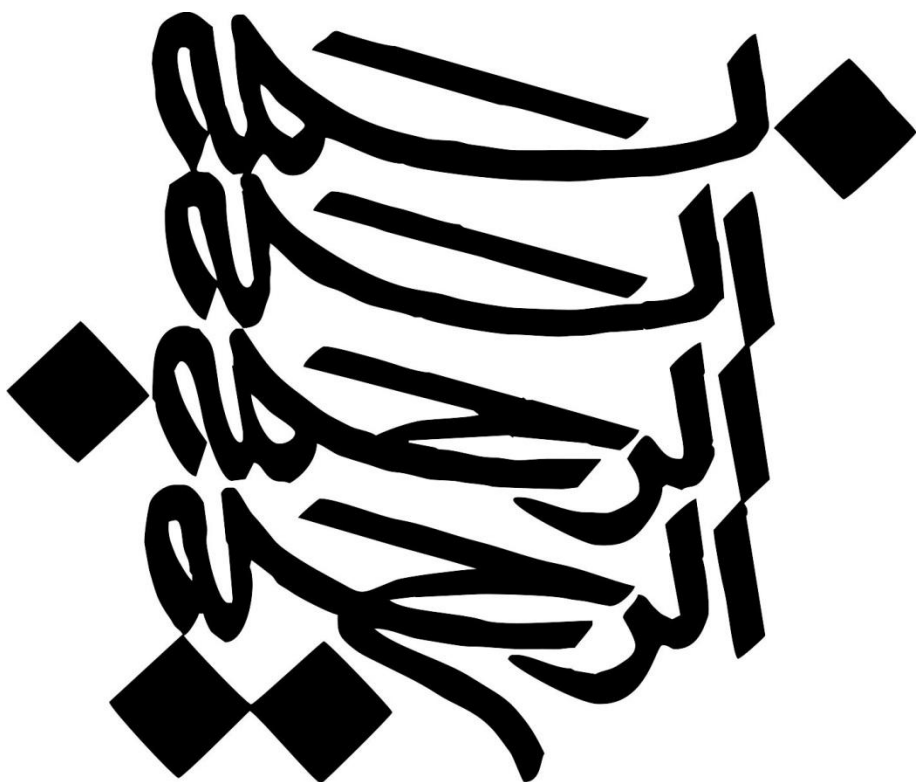
By: Jai Prakash Agrawal

Propellants, Explosives and Pyrotechnics

مترجمین: یداله بیات - هاتف ایروانی - اصغر ساکی نژاد

احسان نریمانی - محسن محقق





پاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را، نمونه‌مان شد

و به همنشینی رحروان علم و دانش مفتخرمان نمود

و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی‌مان ساخت.

آفریدگاری که خویش را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان

بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت یار نماید.

این اثر تقدیم می‌گردد به

روان پاک شهیدان که با خون خود راه را برای سربلندی و سرفرازی ما هموار کردند و به تمام آزاد

مردانی که نیک می‌اندیشند و عقل و منطق را پیشه خود نموده

و جز رضای الهی و پیشرفت و سعادت جامعه، مدنی ندارند. دانشمندان، بزرگان و جوانمردانی که جان

و مال خود را در حفظ و اعتلای این مرز و بوم فدا نموده و می‌نمایند.

مواد پرانرژی

(مواد منفجره، پشرانه و پیروتکنیک)

مترجمان: یداله بیات، هاتف ایروانی، اصغر ساکی نژاد، احسان
نریمانی و محسن محقق

سرشناسه: آگراوال، ج. پی. Agrawal' J. P.

عنوان و نام پدیدآور: مواد پر انرژی (مواد منفجره، پیشرانه و پیروتکنیک)/[ج پی آگراوال]؛ مترجمان یدالله بیات ... [و دیگران].
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۳. مشخصات ظاهری: م، ۶۹۶ ص.

وضعیت فهرست‌نویسی: فیپا

یادداشت: عنوان اصلی: High energy materials.

یادداشت: مترجمان یدالله بیات، هاتف ایروانی، اصغر ساکی نژاد، احسان نریمانی و محسن محقق.

یادداشت: کتاب حاضر نخستین بار تحت عنوان "مواد پر انرژی (منفجره، پیشرانه، پیروتکنیک) پیشرانه‌ها" در سال ۱۳۹۳ توسط دانشگاه جامع امام حسین (ع)، موسسه چاپ و انتشارات فیپا گرفته است.

عنوان دیگر: مواد پر انرژی (منفجره، پیشرانه، پیروتکنیک) پیشرانه‌ها.

موضوع: مواد منفجره

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی مالک اشتر

شناسه افزوده: بیات، یداله، ۱۳۴۹ - مترجم

کتابشناسی ملی: ۳۵۴۸۳۷۵

رده‌بندی دیویی: ۶۶۲/۲

رده بندی کنگره: الف ۱۳۹۳ م۸/۷ TP۲۷۰



انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

مجتمع دانشگاهی شیمی و مهندسی شیمی

عنوان کتاب: مواد پر انرژی (مواد منفجره، پیشرانه و پیروتکنیک)

مترجمین: یداله بیات، هاتف ایروانی، اصغر ساکی نژاد،

احسان نریمانی، محسن محقق

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

طرح روی جلد: حسین دهقانی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

صفحه آرایه رایانه ای: آسیه عسگری

ویراستار ادبی: زری جاویدی آل‌سعدی

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، تابستان ۹۳

قیمت: ۳۱۶.۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-5665-85-7

شابک: ۹۷۸ - ۶۰۰ - ۵۶۶۵ - ۸۵-۷

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مرکز فناوری اطلاعات و مدیریت دانش،

مدیریت انتشارات. تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

فهرست مطالب

پیشگفتار مولف	أ
سپاسگزاری ها	ه
پیشگفتار مترجم	ك
فصل اول: نکته‌های بارز مواد منفجره	۳
۱-۱- مقدمه	۳
۱-۲- تعریف	۶
۱-۲-۱- رها سازی گرما	۶
۱-۲-۲- سرعت واکنش	۷
۱-۳- طبقه بندی	۹
۱-۳-۱- مواد منفجره نظامی	۱۰
۱-۳-۱-۱- منفجر شونده‌ها یا مواد منفجره قوی	۱۱
۱-۳-۱-۲- مواد منفجره با سرعت سوختن پایین یا مواد منفجره ضعیف	۱۳
۱-۳-۱-۳- پیرو تکنیک‌ها	۱۵
۱-۳-۲- مواد منفجره غیر نظامی	۱۸
۱-۳-۲-۱- مواد منفجره مجاز	۱۹
۱-۳-۲-۲- مواد منفجره غیر مجاز	۱۹
۴-۱- مشخصه‌های اساسی	۲۳
۴-۱-۱- سازگاری و پایداری	۲۴
۴-۱-۲- موازنه اکسیژن	۲۹

۳۳	۱-۴-۳- حساسیت پذیری و حساسیت
۳۳	۱-۴-۳-۱- حساسیت پذیری به ضربه
۳۴	۱-۴-۳-۲- حساسیت پذیری به اصطکاک
۳۴	۱-۴-۳-۳- حساسیت پذیری به شوک
۳۵	۱-۴-۳-۴- حساسیت پذیری به جرقه
۳۵	۱-۴-۳-۵- حساسیت پذیری به گرما
۴۱	۱-۴-۴- گرمای تشکیل
۴۴	۱-۴-۵- گرمای انفجار و محصولات گازی
۴۹	۱-۴-۶- سرعت انفجار (VOD)
۵۲	۱-۴-۷- فشار انفجار (P_{CJ} یا DP)
۵۲	۱-۴-۸- توان یا قدرت ماده منفجره
۵۳	۱-۴-۹- قدرت شکستن
۵۵	۱-۵-۵- الزامات اضافی برای مواد منفجره نظامی
۵۵	۱-۵-۱- فرآیند
۵۵	۱-۵-۲- سمیت
۵۶	۱-۵-۳- رطوبت پذیری
۵۶	۱-۵-۴- دانسیته
۵۷	۱-۵-۵- عمر
۵۷	۱-۵-۶- قابلیت دسترسی، قیمت و غیرنظامی کردن یا بازیافت
۵۸	۱-۵-۷- سازگاری با محیط زیست
۶۱	۱-۶- کاربردهای مواد منفجره

۶۲	۱-۶-۱ کاربردهای نظامی
۶۴	۱-۱-۶-۱ پوسته ها
۶۴	۲-۱-۶-۱ بمب ها
۶۵	۳-۱-۶-۱ نارنجک ها
۶۶	۴-۱-۶-۱ اژدرها
۶۶	۵-۱-۶-۱ خرج های اصلی انفجاری
۶۷	۶-۱-۶-۱ سرجنگی ها
۷۱	۲-۶-۱ کاربردهای تجاری
۷۲	۱-۲-۶-۱ استخراج زغال سنگ
۷۳	۲-۲-۶-۱ تونل زنی
۷۴	۳-۲-۶-۱ معدن سنگ
۷۴	۴-۲-۶-۱ سایر معدن کاری ها
۷۴	۳-۶-۱ مواد منفجره نظامی در کاربردهای تجاری
۷۵	۱-۳-۶-۱ آغازگرها
۷۵	۲-۳-۶-۱ سامانه جهشی صندلی خلبان
۷۶	۳-۳-۶-۱ سوخت در ارتفاع بالا
۷۷	۴-۳-۶-۱ ترکیب احیا کننده هوا
۷۸	۵-۳-۶-۱ روکش کاری و جوشکاری فلزی
۸۰	۶-۳-۶-۱ فلز کاری
۸۰	۷-۳-۶-۱ شکل دهی انفجاری
۸۱	۸-۳-۶-۱ برش کاری انفجاری

۱-۴-۶-۱	کاربردهای فضایی	۸۱
۱-۴-۶-۱	راکت‌های جامد و مایع برای کاربردهای فضایی	۸۱
۲-۴-۶-۱	وسایل مختلف پرتاب ماهواره هندی	۸۵
۳-۴-۶-۱	مواد منفجره، پیشراشه‌ها ...	۸۷
۵-۶-۱	کاربردهای هسته‌ای	۸۹
۱-۵-۶-۱	انواع سلاح‌های هسته‌ای	۸۹
۲-۵-۶-۱	ساخت	۹۱
۳-۵-۶-۱	مواد شکافت‌پذیر و لنزهای انفجاری	۹۳
۴-۵-۶-۱	مواد منفجره و بایندهای به کار رفته در سلاح‌های هسته‌ای	۹۷
۶-۶-۱	کاربردهای متفرقه و گوناگون	۱۰۱
۱-۶-۶-۱	کشاورزی	۱۰۱
۲-۶-۶-۱	فرمولاسیون‌های انفجاری و PBX های مورد	۱۰۱
۳-۶-۶-۱	صنعت دارویی	۱۰۱
۴-۶-۶-۱	صنعت غذایی	۱۰۲
۵-۶-۶-۱	مهندسی عمران	۱۰۳
۶-۶-۶-۱	صنعت خودرو	۱۰۴
۷-۶-۶-۱	صنعت نفت و گاز	۱۰۴
۷-۱	مراجع	۱۰۶
	فصل دوم: وضعیت مواد منفجره	۱۱۵
۱-۲	مقدمه	۱۱۵
۱-۱	جنبه‌های تاریخی	۱۱۵

۱۱۸.....	۲-۲- وضعیت کنونی و آینده مواد منفجره
۱۱۸.....	۲-۲-۱- پودر سیاه
۱۱۹.....	۲-۲-۲- تری نیترو تولوئن
۱۲۰.....	۲-۲-۳- تتریل
۱۲۱.....	۲-۲-۴- نیترو گلیسرین
۱۲۲.....	۲-۲-۵- دینامیت
۱۲۳.....	۲-۲-۶- پنتا اریترول تترانیترات
۱۲۳.....	۲-۲-۷- نیتروسلولز
۱۲۶.....	۲-۲-۸- پلی وینیل نیترات
۱۲۷.....	۲-۲-۹- فولمینات جیوه
۱۲۸.....	۲-۲-۱۰- آزید سرب
۱۳۱.....	۲-۲-۱۱- پیکریک اسید، پیکرات سرب و پیکرات آمونیوم
۱۳۲.....	۲-۲-۱۲- استیفنات سرب (۲، ۴، ۶- تری نیترو رزورسینات سرب)
۱۳۴.....	۲-۲-۱۳- دی آزو دی نیترو فنول
۱۳۵.....	۲-۲-۱۴- تترازن
۱۳۶.....	۲-۲-۱۵- مرکوریک-۵- نیترو تترازول
۱۳۸.....	۲-۲-۱۶- ترکیب انفجاری سازمان تحقیقات
۱۳۹.....	۲-۲-۱۷- ترکیب انفجاری دیرگداز
۱۴۱.....	۲-۲-۱۸- مواد منفجره «مقاوم در برابر حرارت» یا «پایدار در برابر گرما»
۱۴۲.....	۲-۱۸-۱- روش های متداول برای سنتز TATB، ... ه
۱۵۸.....	۲-۱۸-۲- ترکیب ۳، ۳'- دی آمینو- ۲، ۲'، ۴، ۴'، ۶، ۶'- هگزانیترو ...

۱۵۹.....	۲-۱۸-۳- سری مواد منفجره N^2 و N^4 و N^6 -تری پیکریل ...
۱۶۰.....	۲-۱۸-۴- تترانیترو دی بنزو- ۱، ۳، ۴، ۴a- تتر آزا پنتالن
۱۶۲.....	۲-۱۸-۵- ترکیب ۲، ۶- بیس (پیکریل آمینو)- ۳، ۵- دی نیترو پیریدین
۱۶۲.....	۲-۱۸-۶- ترکیب ۲، ۵- دی پیکریل- ۱، ۳، ۴- اکسادی آزول
۱۶۳.....	۲-۱۸-۷- ترکیب ۲، ۲'، ۴، ۴'، ۶، ۶'- نونانیترو ترفنیل
۱۶۴.....	۲-۱۸-۸- ترکیب ۳، ۵- دی آمینو- ۲، ۶- دی نیترو پیریدین- N- اکساید
۱۶۴.....	۲-۱۸-۹- ترکیب N-N- بیس (۱، ۲، ۴- تری آزول-۳- ایل)
۱۶۸.....	۲-۱۹- مواد منفجره با کارایی بالا (دانسیته و سرعت انفجار بالا)
۱۶۸.....	۲-۱۹-۱- روش های کلی ایجاد مواد منفجره با ...
۱۷۸.....	۲-۱۹-۲- ترکیب ۱، ۳، ۴، ۶- تترانیترو گلیکول یوریل
۱۷۹.....	۲-۱۹-۳- تترانیترو پروپان دی اوره
۱۸۱.....	۲-۱۹-۴- ترکیب ۱، ۳، ۵، ۵- تترانیترو هگزا هیدرو پیریمیدین
۱۸۲.....	۲-۲۰- مواد منفجره قابل ریخته گری
۱۸۳.....	۲-۲۰-۱- تریس- X و متیل تریس- X
۱۸۴.....	۲-۲۰-۲- ترکیب ۱، ۳، ۳- تری نیترو آزتیدین
۱۸۵.....	۲-۲۰-۳- ترکیب ۴، ۴- دی نیترو- ۲، ۳- بی فورازان
۱۸۷.....	۲-۲۱- مواد منفجره قوی غیر حساس
۱۸۹.....	۲-۲۱-۱- اکسی نیترو تریازول یا نیترو تری آزولون
۱۹۲.....	۲-۲۱-۲- دی نیترو گلیکوایموریل
۱۹۲.....	۲-۲۱-۳- آمینونیترو تریازول
۱۹۴.....	۲-۲۱-۴- ترانس- ۱، ۴، ۵، ۸- تترانیترو- ۱، ۴، ۵، ۸- تتر آزا دکالین

۱۹۵.....	۲-۲-۲۲- بایندرها و نرم کننده‌های پرانرژی
۱۹۵.....	۲-۲-۲۲-۱- بایندرها و پرانرژی
۱۹۷.....	۲-۲-۲۲-۲- نرم کننده‌های پرانرژی
۱۹۷.....	۲-۲-۲۳- مواد پرانرژی سنتز شده با استفاده از دی‌نیتروژن پنتوکسید
۲۰۰.....	۲-۲-۲۴- مواد منفجره نوین
۲۰۳.....	۲-۲-۲۵- فرمولاسیون‌های مهم بر پایه TATB، Cl-20، NTO
۲۰۴.....	۲-۲-۲۵-۱- فرمولاسیون‌های بر پایه TATB
۲۰۷.....	۲-۲-۲۵-۲- فرمولاسیون‌های بر پایه Cl-20
۲۱۰.....	۲-۲-۲۵-۳- فرمولاسیون‌های بر پایه NTO
۲۱۵.....	۲-۲-۲۵-۴- PBX های SNPE
۲۱۶.....	۲-۲-۲۵-۵- مواد منفجره FOI
۲۱۸.....	۲-۲-۲۵-۶- فرمولاسیون‌های آمریکایی
۲۱۹.....	۲-۲-۲۶- سرب آزید پایه
۲۲۳.....	۲-۲-۲۷- هگزاکیس (آزید و متیل) بنزن
۲۲۵.....	۲-۲-۲۸- تتراآمین- سیس- بیس (۵- نیترو- ۲H- ترازولانو- N^2)
۲۲۹.....	۲-۲-۲۹- اکتانیتروکوبان (ONC)
۲۳۲.....	۲-۲-۳۰- نیکل هیدرازین نیترات
۲۳۴.....	۲-۲-۳۱- مواد منفجره بر پایه فورازان، فوراکسان و تترازین
۲۳۶.....	۲-۲-۳۲- مواد پرانرژی با محتوای بالای نیتروژن
۲۴۱.....	۲-۲-۳۳- مواد منفجره هوا- سوخت
۲۴۵.....	۲-۳- رویکرد تحقیقات آینده

۲۴۵.....	۲-۳-۱- مواد منفجره با کارایی بالا، پایدار در مقابل حرارت و غیر حساس
۲۴۷.....	۲-۳-۲- مواد منفجره قابل ذوب و ریخته‌گری
۲۴۷.....	۲-۳-۳- بایندها و نرم‌کننده‌های پرانرژی
۲۴۷.....	۲-۳-۴- اندازه ذرات مواد منفجره
۲۴۹.....	۲-۳-۵- مواد منفجره و فرایندهای تولید دوست‌دار محیط زیست
۲۵۰.....	۲-۴- مراجع
۲۷۱.....	فصل سوم: فنون فرآیندی و ارزیابی مواد منفجره
۲۷۱.....	۳-۱- مقدمه
۲۷۱.....	۳-۲- فنون فرایندی مواد منفجره
۲۷۲.....	۳-۱-۲- ریخته‌گری
۲۷۲.....	۳-۱-۱-۲- ریخته‌گری مذاب
۲۷۴.....	۳-۱-۲-۲- ریخته‌گری عادی
۲۷۶.....	۳-۱-۲-۳- ریخته‌گری ارتعاشی یا ته‌نشینی
۲۷۶.....	۳-۱-۲-۴- ریخته‌گری فشرده یا فشاری
۲۷۶.....	۳-۲-۲- اکستروژن (عملیات فشارکاری)
۲۷۷.....	۳-۲-۳- پرس کاری
۲۷۷.....	۳-۱-۳-۲- پرس کاری یک طرفه
۲۷۷.....	۳-۲-۳-۲- پرس کاری دو طرفه
۲۷۸.....	۳-۳-۲-۳- پرس کاری افزایشی
۲۷۸.....	۳-۴-۳-۲- پرس کاری هیدرواستاتیکی
۲۷۹.....	۳-۵-۳-۲- پرس کاری ایزواستاتیکی

۲۸۲.....	۳-۳- اصول مربوط به فرمولاسیون
۲۸۲.....	۳-۳-۱- فرمولاسیون‌های رایج
۲۸۴.....	۳-۳-۲- فرمولاسیون‌های انفجاری آلومینیوم‌دار شده
۲۸۵.....	۳-۳-۳- مواد منفجره ورقه‌ای
۲۸۶.....	۳-۳-۴- مواد منفجره پلیمری
۲۹۰.....	۳-۴-۱- ارزیابی مواد منفجره
۲۹۱.....	۳-۴-۱-۱- تعیین سازگاری و پایداری مواد منفجره
۲۹۳.....	۳-۴-۱-۱-۱- آزمون پایداری خلأ
۲۹۷.....	۳-۴-۱-۱-۲- آزمون حرارت
۲۹۷.....	۳-۴-۱-۳- آزمون حساسیت به ضربه
۲۹۸.....	۳-۴-۲- حساسیت مواد منفجره به گرما، ضربه، اصطکاک، جرقه و شوک
۲۹۹.....	۳-۴-۲-۱- نحوه تعیین حساسیت گرمایی
۳۱۱.....	۳-۴-۲-۲- تعیین حساسیت به ضربه
۳۱۹.....	۳-۴-۲-۳- تعیین حساسیت به اصطکاک
۳۲۲.....	۳-۴-۲-۴- تعیین حساسیت به جرقه الکتریکی
۳۲۳.....	۳-۴-۲-۵- تعیین حساسیت به شوک
۳۲۴.....	۳-۴-۳- تعیین سرعت دتوئیشن
۳۲۵.....	۳-۴-۳-۱- روش لرزش سنج پینی (DOT)
۳۳۰.....	۳-۴-۳-۲- روش داوتریج
۳۳۲.....	۳-۴-۴- تعیین فشار موج انفجاری
۳۳۳.....	۳-۴-۵- تعیین قدرت

۳۳۶	۳-۵- مراجع
۳۴۳	فصل چهارم: پیشراشه ها
۳۴۳	۴-۱- مقدمه
۳۴۳	۴-۲- طبقه بندی پیشراشه ها
۳۴۴	۴-۳- پیشراشه مایع
۳۴۹	۴-۴- پیشراشه های جامد
۳۵۰	۴-۴-۱- پیشراشه های همگن
۳۵۰	۴-۴-۱-۱- پیشراشه های تک پایه
۳۵۰	۴-۴-۲-۱- پیشراشه های دو پایه
۳۵۱	۴-۴-۲- پیشراشه های غیر همگن
۳۵۱	۴-۴-۲-۱- پیشراشه های کامپوزیت
۳۵۳	۴-۴-۲-۲- پیشراشه دو پایه اصلاح شده کامپوزیت (CMDB)
۳۵۳	۴-۴-۳- پیشراشه های غنی شده فلزی
۳۵۵	۴-۵- پیشراشه های هیبریدی
۳۵۶	۴-۶- پیشراشه های تیکسوتروپیک
۳۵۷	۴-۷- عملکرد پیشراشه ها
۳۵۷	۴-۷-۱- پیشراشه های تفنگی
۳۵۸	۴-۷-۱-۱- ثابت نیرو
۳۵۹	۴-۷-۱-۲- ضریب سرعت سوزش
۳۵۹	۴-۷-۱-۳- چالاکی
۳۵۹	۴-۷-۱-۴- سرعت دهانه

۳۶۰.....	۴-۷-۱-۵- بازده سامانه تفنگ و خرج
۳۶۱.....	۴-۷-۲- پیشرانه‌های راکتی
۳۶۱.....	۴-۷-۲-۱- سرعت سوزش
۳۶۳.....	۴-۷-۲-۲- تراست
۳۶۳.....	۴-۷-۲-۳- ایمپالس ویژه (Isp)
۳۶۵.....	۴-۷-۲-۴- فشار محفظه
۳۶۵.....	۴-۷-۲-۵- سرعت مشخصه (C^*)
۳۶۵.....	۴-۷-۲-۶- حساسیت دمایی
۳۶۸.....	۴-۸- فرمولاسیون پیشرانه‌های تفنگی
۳۷۰.....	۴-۹- اجزای پیشرانه‌های تفنگی
۳۷۱.....	۱-۱-۱- پیشرانه‌های پرانرژی (با انرژی بالا)
۳۷۲.....	۴-۹-۱- پیشرانه‌های تفنگی با آسیب‌پذیری کم (LOVA)
۳۷۲.....	۴-۹-۱-۱- اجزای پیشرانه‌های تفنگی LOVA
۳۷۶.....	۴-۹-۲- پیشرانه‌های تفنگی مایع
۳۷۷.....	۴-۹-۲-۱- پیشرانه‌های تفنگی مایع هیدروکسیل آمونیوم نترات
۳۸۰.....	۴-۹-۲-۲- پیشرانه‌های تفنگی مایع DMAZ
۳۸۱.....	۴-۱۰-۱- اجزای پیشرانه‌های جامد راکت
۳۸۲.....	۴-۱۰-۱-۱- اکسیدکننده‌ها
۳۸۴.....	۴-۱۰-۱-۱- آمونیوم نترات
۳۸۶.....	۴-۱۰-۱-۲- آمونیوم دی‌نترآمید
۳۸۹.....	۴-۱۰-۱-۳- هیدرازنیوم نیتروفرمات

۳۹۶.....	۴-۱۰-۲-بایندرها
۳۹۷.....	۴-۱۰-۲-۱-خصوصیات بایندرها
۳۹۸.....	۴-۱۰-۲-۲-بایندره‌های پلی‌یورتان
۴۰۶.....	۴-۱۰-۳-۲-بایندره‌های جدید
۴۳۰.....	۴-۱۰-۳-سوخت‌های فلزی
۴۳۳.....	۴-۱۰-۴-نرم‌کننده‌ها
۴۳۳.....	۴-۱۰-۴-۱-طبقه‌بندی نرم‌کننده‌ها
۴۳۴.....	۴-۱۰-۴-۲-خصوصیات نرم‌کننده‌ها
۴۳۵.....	۴-۱۰-۴-۳-عمل کردن نرم‌کننده‌ها
۴۳۶.....	۴-۱۰-۴-۴-مهاجرت نرم‌کننده‌ها
۴۳۹.....	۴-۱۰-۵-نرم‌کننده‌های جدید
۴۴۶.....	۴-۱۰-۵-عوامل پیوندی
۴۴۹.....	۴-۱۰-۶-پایدار کننده‌ها
۴۵۳.....	۴-۱۰-۷-اصلاح کننده‌های سرعت سوزش
۴۵۴.....	۴-۱۰-۷-۱-اصلاح کننده سرعت سوزش برای پیشراشه‌های DB
۴۵۷.....	۴-۱۰-۷-۲-اصلاح کننده‌های غیرسمی و کم‌سمی برای پیشراشه‌های DB
۴۵۸.....	۴-۱۰-۷-۳-اصلاح کننده‌های سرعت سوزش برای پیشراشه‌های CMDB
۴۵۸.....	۴-۱۰-۷-۴-اصلاح کننده‌های سرعت سوزش برای پیشراشه‌های کامپوزیت
۴۶۷.....	۴-۱۱-محافظت کاری پیشراشه‌های راکتی
۴۶۸.....	۴-۱۱-۱-خصوصیات مواد محافظت کننده
۴۶۹.....	۴-۱۱-۲-آزمون محافظت کننده‌ها

۴۶۹.....	۳-۱۱-۴- ارزیابی بالستیکی پیشراانه‌های محافظت شده
۴۷۱.....	۴-۱۱-۴- مواد محافظت کننده
۴۷۳.....	۵-۱۱-۴- فنون محافظت کاری
۴۷۳.....	۴-۱۱-۵-۱- فن ماسوره
۴۷۳.....	۴-۱۱-۵-۲- فن نوارپیچی
۴۷۳.....	۴-۱۱-۵-۳- فن ریخته‌گری
۴۷۴.....	۴-۱۱-۵-۴- فن ریسمان‌پیچی
۴۷۶.....	۴-۱۱-۵-۵- فن محافظت کاری ماسوره‌ای
۴۷۸.....	۴-۱۱-۶- محافظت کاری پیشراانه‌های دوپایه
۴۸۱.....	۴-۱۱-۶-۱- مناسب‌سازی خواص پلی‌استرهای غیراشباع
۴۸۳.....	۴-۱۱-۶-۲- گرایش‌ها و تلاش‌های اخیر
۴۸۴.....	۴-۱۱-۷- محافظت کاری پیشراانه‌های کامپوزیت
۴۸۵.....	۴-۱۱-۷-۱- شیمی رزین‌های اپوکسی
۴۹۳.....	۴-۱۱-۷-۲- سامانه‌های جدید
۴۹۴.....	۴-۱۱-۷-۳- مهاجرت نرم‌کننده در پیشراانه‌های کامپوزیت
۴۹۴.....	۴-۱۱-۸- محافظت پیشراانه‌های CMDDB
۵۰۰.....	۴-۱۲- عایق کاری موتورهای راکت
۵۰۱.....	۴-۱۲-۱- خواص مواد عایق یا عایق‌کننده‌ها
۵۰۲.....	۴-۱۲-۲- مواد عایق کاری
۵۰۳.....	۴-۱۲-۳- فرایند عایق کاری موتورها
۵۰۴.....	۴-۱۲-۴- آینده مواد عایق

۵۰۷.....	۴-۱۳- مراجع
۵۲۱.....	فصل پنجم: پیروتکنیک‌ها
۵۲۱.....	۵-۱- معرفی
۵۲۳.....	۵-۲- گونه‌های عمومی پیروتکنیک‌ها
۵۲۴.....	۵-۳- اجزاء فرمولاسیون‌های پیروتکنیک
۵۲۴.....	۵-۳-۱- سوخت‌ها
۵۲۶.....	۵-۳-۲- اکسیدکننده
۵۲۷.....	۵-۳-۳- بایندها
۵۲۸.....	۵-۳-۴- خنک‌کننده‌ها
۵۲۸.....	۵-۳-۵- تأخیراندازها
۵۲۸.....	۵-۳-۶- رنگ‌ها
۵۲۸.....	۵-۳-۷- شدت دهنده‌های رنگ
۵۲۹.....	۵-۳-۸- تعدیل‌کننده‌ها
۵۲۹.....	۵-۴- خواص مهم اجزاء برای فرمولاسیون‌های پیروتکنیک
۵۳۰.....	۵-۴-۱- چگالی
۵۳۰.....	۵-۴-۲- رطوبت‌پذیری
۵۳۱.....	۵-۴-۳- دمای ذوب و جوش و تجزیه
۵۳۲.....	۵-۴-۴- محتوای اکسیژن اکسیدکننده
۵۳۳.....	۵-۴-۵- هدایت حرارتی سوخت‌ها و نگهدارنده‌ها
۵۳۳.....	۵-۴-۶- طبیعت محصولات احتراق
۵۳۳.....	۵-۴-۷- میزان سمیت اجزاء ترکیبی

۵-۵-۱- انواع فرمولاسیون‌های پیروتکنیکی ۵۳۵

۵-۵-۲- فرمولاسیون نورافشان ۵۳۵

۵-۵-۳- ماهیت شیمیایی سوخت و اکسیدکننده، نسبت و اندازه ذرات ۵۳۷

۵-۵-۴- فرمولاسیون رسام ۵۴۳

۵-۵-۵- فرمولاسیون تولیدکننده فوتوفلاش ۵۴۵

۵-۵-۶- فرمولاسیون‌های تولیدکننده سیگنال ۵۴۶

۵-۵-۷- فرمولاسیون‌های شعله مادون قرمز ۵۴۷

۵-۵-۸- برخی از رزین‌های فرمولاسیون نورافشان ۵۵۲

۵-۵-۹- فرمولاسیون‌های تأخیری ۵۵۶

۵-۵-۱۰- الزامات یک فرمولاسیون پیروتکنیک تأخیری ۵۵۷

۵-۵-۱۱- عوامل مؤثر بر عملکرد فرمولاسیون تأخیری ۵۵۹

۵-۵-۱۲- انواع فرمولاسیون‌های تأخیری ۵۶۰

۵-۵-۱۳- فرمولاسیون تولیدکننده دود ۵۶۳

۵-۵-۱۴- الزامات دود ۵۶۴

۵-۵-۱۵- طبقه‌بندی دود ۵۶۵

۵-۵-۱۶- انواع عوامل دودزا ۵۶۶

۵-۵-۱۷- دوده‌های رنگی ۵۶۹

۵-۵-۱۸- گاز اشک‌آور ۵۷۱

۵-۵-۱۹- گازهای غیر سمی و سازگار با محیط زیست ۵۷۲

۵-۵-۲۰- دوده‌های استتاری مادون قرمز ۵۷۴

۵-۵-۲۱- شیمی سفر ۵۷۷

۵۸۵.....	۴-۵-۵- فرمولاسیون‌های آتش افروز:
۵۸۷.....	۱-۴-۵-۵- خصوصیات مواد آتش افروز
۵۸۹.....	۲-۴-۵-۵- آتش افروزهای مایع
۵۹۱.....	۳-۴-۵-۵- آتش افروزهای جامد
۵۹۵.....	۴-۴-۵-۵- شیمی ناپالم
۵۹۷.....	۶-۵- ارزیابی عملکرد از فرمولاسیون پیروتکنیک
۵۹۸.....	۱-۶-۵- دمای اشتعال
۵۹۸.....	۲-۶-۵- خواص مکانیکی
۵۹۸.....	۳-۶-۵- جذب رطوبت
۵۹۹.....	۴-۶-۵- حرارت خروجی و حجم گاز
۵۹۹.....	۵-۶-۵- شدت نور
۶۰۰.....	۶-۶-۵- شدت IR
۶۰۱.....	۷-۶-۵- سرعت سوزش
۶۰۳.....	۸-۶-۵- عملکرد استتاری دود
۶۰۳.....	۱-۸-۶-۵- قدرت تیره‌سازی کل
۶۰۵.....	۲-۸-۶-۵- عملکرد عاملی (Y)
۶۰۵.....	۳-۸-۶-۵- جرم ضریب خاموشی (α)
۶۰۶.....	۴-۸-۶-۵- بازده تیره‌سازی
۶۰۶.....	۷-۵- عمر مهمات دستگاه‌های پیروتکنیکی
۶۰۹.....	۸-۵- نانو مواد: جنبه‌های مختلف و استفاده در فرمولاسیون‌های HEM
۶۱۱.....	۱-۸-۵- سنتز نانو مواد

۶۱۱.....	۵-۸-۱-۱- روش های فیزیکی
۶۱۲.....	۵-۸-۱-۲- روش شیمیایی
۶۱۵.....	۵-۸-۲- نانولوله های کربنی
۶۱۶.....	۵-۸-۱-۲- سنتز CNT ها
۶۱۶.....	۵-۸-۲-۲- برخی از خواص و کاربردهای CNT ها
۶۱۷.....	۵-۸-۳- سوخت نانومتری
۶۱۸.....	۵-۸-۱-۳- نانو پودر آلومینیوم
۶۲۰.....	۵-۸-۲-۳- پودرهای نانوفلزی دیگر
۶۲۱.....	۵-۸-۴- نانو اکسید کننده ها
۶۲۳.....	۵-۸-۵- خواص عمومی نانو مواد
۶۲۴.....	۵-۸-۶- نانو مواد برای فرمولاسیون پیروتکنیک
۶۲۷.....	۵-۸-۷- نانو مواد برای فرمولاسیون پیشرا نه
۶۲۸.....	۵-۸-۸- نانو مواد برای فرمولاسیون های مواد منفجره
۶۲۹.....	۵-۹-۱- گرایش های اخیر و آینده در پیروتکنیک ها
۶۲۹.....	۵-۹-۱- اکسید کننده، نرم کننده و بایندرهای پرانرژی
۶۳۰.....	۵-۹-۲- نمک های نامتعارف لیتیوم، روییدیم و سزیم و فرمولاسیون آن ها
۶۳۳.....	۵-۹-۳- نمک های دینتر آمید فلزات قلیایی و فرمولاسیون آن ها
۶۳۴.....	۵-۹-۴- پوشش مقاوم در برابر رطوبت برای پودرهای فلزی
۶۳۵.....	۵-۹-۵- سوخت های جدید به عنوان جایگزین هایی برای زغال
۶۳۷.....	۵-۹-۶- مواد پرانرژی با محتوای انرژی بالا برای فرمولاسیون پیروتکنیک
۶۳۹.....	۵-۱۰- مراجع

فصل ششم: ایمنی مواد منفجره و شیمیایی	۶۴۹
۶-۱- مقدمه	۶۴۹
۶-۲- ایمنی	۶۴۹
۶-۳- ایمنی ماده منفجره	۶۵۱
۶-۳-۱- دسته‌بندی ایالات متحده (UN) برای کالاها و مواد شیمیایی خطرناک ..	۶۵۵
۶-۳-۱-۱- طبقات خطر	۶۵۷
۶-۳-۱-۲- گروه‌های سازگاری برای مواد منفجره و مهمات	۶۵۹
۶-۳-۱-۳- طبقه‌بندی خطر	۶۶۱
۶-۴- ایمنی آتش	۶۶۲
۶-۴-۱- طبقات آتش	۶۶۲
۶-۴-۲- انواع آتش، آتش خاموش‌کن‌ها و مقابله با آتش	۶۶۵
۶-۴-۲-۱- انواع آتش	۶۶۵
۶-۴-۲-۲- طراحی و دسته‌بندی خاموش‌کننده‌های آتش	۶۶۶
۶-۴-۲-۳- روش‌های مقابله با آتش	۶۶۶
۶-۵- جنبه‌های ایمنی برای نقل و انتقال مواد منفجره و مهمات	۶۶۸
۶-۶- جنبه‌های ایمنی برای ذخیره مواد منفجره و مهمات	۶۷۰
۶-۷- جنبه‌های ایمنی برای کار کردن با مواد منفجره و مهمات	۶۷۶
۶-۸- خطرات بار الکتریکی	۶۷۷
۶-۹- مواد منفجره و مهمات بی‌نهایت غیرحساس	۶۸۰
۶-۱۰- آنالیز خطر	۶۸۴
۶-۱۰-۱- خطرات و قابلیت اصلاح (HAZOP)	۶۸۵

۶۸۵.....	۶-۱۰-۲-آنالیز خطر (HAZAN).....
۶۸۶.....	۶-۱۱-ایمنی شیمیایی
۶۸۶.....	۶-۱۲-پیشگیری و رفع انفجارها و آتش سوزی های تصادفی
۶۸۷.....	۶-۱۲-۱-عملکردها و مقررات
۶۸۸.....	۶-۱۲-۲-طریقه برخورد با مواد منفجره
۶۸۹.....	۶-۱۲-۳-استفاده از تجهیزات محافظت شخصی
۶۹۰.....	۶-۱۲-۴-نظافت محل کار
۶۹۱.....	۶-۱۲-۵-جمع آوری و انهدام ضایعات
۶۹۳.....	۶-۱۲-۶-آموزش
۶۹۵.....	۶-۱۳-مراجع

پیشگفتار مولف

اصطلاح موادپرانرژی^۱ به وسیله انجمن مواد منفجره به منظور پوشش تحقیقات بر دسته‌ای از مواد معروف به مواد منفجره، پیشرا نه‌ها و پیروتکنیک‌ها ارائه شده است. به عبارت دیگر، HEMS یک اصطلاح عمومی است که برای این دسته از مواد به کار می‌رود. اگرچه موادپرانرژی در هیاهوی جنگ و در هنگام دست کاری، جابه‌جایی و ذخیره‌سازی، مواد اهریمنی تلقی می‌شوند، از سوی دیگر به دلیل تأثیرهای فراوان آن‌ها در اقتصاد و صنعت و کاربردهای بی‌حد و حصر در ابعاد زندگی، به عنوان رشته تلقی می‌گردند. کتاب‌های متعددی به مواد منفجره، پیشرا نه‌ها و پیروتکنیک‌ها، اختصاص یافته است اما اکثر آن‌ها یا به صورت عمومی مطرح شده‌اند یا روی بعضی موضوع‌های خاص متمرکز شده‌اند. از طرف دیگر هیچ یک از این کتاب‌ها، با جزئیات آخرین پیشرفت‌ها سروکار ندارند. با اینکه تعدادی از مقاله‌های مروری بسیار خوب، برای پر کردن این خلأ در علم منتشر شده است اما هنوز در نشریه‌های متنی مجزا که پیشرفت‌های اخیر و گرایش‌های آینده در رشته HEMS را در بر بگیرد، در دسترس نمی‌باشد. این کتاب که با عنوان موادپرانرژی: پیشرا نه‌ها، مواد منفجره و پیروتکنیک‌ها نام‌گذاری

^۱ HEMS

شده، متنی است که تمام گستره مواد پیرانرژی، از جمله حالت‌های رایج آن‌ها، را در یک جلد پوشش می‌دهد و هدفش پر کردن این شکاف در علم می‌باشد. روش کار این کتاب چنین می‌باشد:

- گردآوری حالت‌های رایج مواد پیرانرژی، که به شکل مقاله‌های تحقیقاتی / مروری اما به‌طور پراکنده در نوشته‌های ۵۰ سال اخیر گزارش شده‌اند،
- کشف ظرفیت‌های مربوط به مواد پیرانرژی و کاربردهای متنوع آن‌ها که برگرفته از نیاز فزاینده کنونی از جمله، مقرون به صرفه بودن، قابل بازیافت بودن و سازگار با محیط زیست بودن می‌باشد.
- شناسایی محیط‌های مطمئن برای تحقیق بیشتر در این حوزه.

بنابراین اطلاعات مربوط به مواد پیرانرژی که به‌صورت پراکنده در هر بخش از نوشته‌ها در طول ۵۰ سال اخیر گزارش شده، برای تحقیق به آسانی در یک کتاب در دسترس خواهد بود. گذشته از این، سطح علم شیمی که در این کتاب نگارش یافته قابل مقایسه با بسیاری از کتاب‌های تخصصی که جنبه‌های گوناگونی را در برمی‌گیرند و نگاه بسیار موشکافانه‌ای در مواد پیرانرژی دارند، نیست. خوانندگان علاقه‌مند به یادگیری بهتر و فهمیدن جزئیات شیمی نیتراسیون به کتاب شیمی آلی مواد منفجره (J.P.Agrawal and R.D.Hodgson) ارجاع داده می‌شوند که به تفصیل اطلاعاتی در مورد روش‌های گوناگون سنتز گستره وسیعی از مواد پیرانرژی و شیمی مربوط به آن‌ها را ارائه می‌دهد.

فصل اول این کتاب با عنوان نکته‌های بارز مواد منفجره و فصل ۶ با عنوان مواد منفجره و ایمنی شیمیایی به همراه فصل‌های مربوط به مواد منفجره، پیشرانه‌ها و پیروتکنیک‌ها، توجه متخصصان و اشخاصی که دارای پیش‌زمینه یا فاقد پیش‌زمینه علمی مرتبط با این موضوع هستند، را جلب خواهد کرد. این کتاب به ۶ فصل خوش‌تعریف، تقسیم شده است: نکته‌های بارز مواد منفجره، وضعیت مواد منفجره، پردازش و ارزیابی مواد منفجره، پیشرانه‌ها، پیروتکنیک‌ها و مواد منفجره و ایمنی شیمیایی.

به علاوه این کتاب شامل یک فهرست جامع در پایان هر فصل می باشد. (مجموع منابع ذکر شده بیش از ۱۰۰۰ عنوان است). همچنین در این کتاب حالت های مواد پیرانرژی که به طور عمده در طول ۵۰ سال اخیر گزارش شده است، شامل جنبه هایی از کاربردهای نظامی آن ها در پرتو خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، گرمایی و انفجاری شان تهیه شده است. گذشته از این، حوزه هایی که احتمال پیشرفت در آن ها می رود، برای تحقیق پرننگ تر شده است. اگر چنانچه میزان ایمنی تشریح شده در این کتاب اجرا شود، این امکان می رود که اتفاقات، آتش سوزی ها و انفجارها در صنایع شیمیایی و مواد منفجره پیش بینی شود یا کاهش یابد. امیدوارم این کتاب مورد توجه همه افرادی که با مواد پیرانرژی سروکار دارند- صرف نظر از پیش زمینه ای که دارند، قرار گیرد، از جمله آزمایشگاه های تحقیق و توسعه (R & D)، دانشگاه ها و انجمن ها، مؤسسه های تولیدی، مؤسسه های تضمین کیفیت، امنیت کشوری، آزمایشگاه های قانونی، صنایع شیمیایی و نیروهای مسلح (ارتش، نیروی دریایی و هوایی). همچنین این کتاب برای سازمان هایی که با تولید تجاری مواد منفجره و صنایع شیمیایی مرتبط با آن سروکار دارند، کاربرد بسیار خوبی خواهد داشت. در مجموع تلاش کرده ام تا در حین نگارش این جلد نگرش تازه ای به موضوع داشته باشم و بیشترین سعی ام را برای جمع آوری تمام اطلاعات مربوط به مواد پیرانرژی انجام داده ام تا اینکه بتواند مورد علاقه ارتش و همچنین کاربرهای تجاری قرار گیرد. با این حال، این امکان وجود دارد که چند نکته حائز اهمیت و مرتبط با مواد پیرانرژی به صورت ناخواسته از چشم افتاده باشد که عذرخواهی خود را ابراز می دارم و از تمام خوانندگان تقاضا دارم که نسبت به حذف های ناخواسته، بنده یا ناشر را مطلع کرده تا در ویرایش های بعدی مورد توجه قرار گیرد.

Dr. Jai Prakash Agrawal
Pune, India

سپاسگزاری‌ها

در طول دوره نگارش این کتاب از، کتاب‌ها و گزارش‌ها یا مقاله‌های مروری بسیار سودمند و گران بهائی استفاده کرده‌ام، که چه بسا اگر این کتاب‌ها و گزارش‌ها یا مقاله‌های مروری متعلق به پیشگامان موادپرانرژی وجود نداشت، نوشتن این کتاب دشوار می‌شد. بنابراین مایلیم تا تشکر صادقانه خود را از نویسندگان و ناشران این کتاب‌ها، گزارش‌ها و مقاله‌های مروری که عنوان آن‌ها در پایان این بخش، با عنوان «مطالعه بیشتر» آورده شده، ابراز کنم.

سازمان علوم و فناوری دولت هند، برای نوشتن این کتاب، پروژه‌ای را با عنوان (طرح دسترسی به امکانات علمی و تخصصی دانشمندان گذشته) با تمام امکانات در اختیار من گذاشت، که نهایت قدردانی خود را از آن‌ها مبذول می‌دارم. مایلیم تا از دکتر ای. سبھاناندا روآن^۱ مدیر همرل^۲ برای فراهم کردن امکانات دفتر کار و کتابخانه تشکر کنم. همچنین به خاطر کمک و پشتیبانی که در تمام مدت این پروژه به وسیله همه متصدیان و کارکنان مرکز

^۱ Dr. A. Subhananda Roan

^۲ Hemril

اطلاعات فنی هم‌رل، به من ارزانی شد، تشکر و سپاسگزاری نمایم. به علاوه از دکتر موریسی^۱ مدیر مرکز اسناد و اطلاعات علمی دفاعی دهلی (DESIDOC)، و همکارانش برای در اختیار گذاشتن امکانات کتابخانه‌های، تشکر و قدردانی می‌کنم.

ز آقای ونکاتسان^۲ مدیر هماهنگی اسبق هم‌رل و دوستان شخصی‌ام به خاطر مطالعه بسیار دقیق نسخ خطی بیش از سه دهه و همکاری‌های گران‌بهایشان برای گردآوری مطالب، سپاسگزارم. در اینجا از دانشمندان هم‌رل و همکاران سابقم که با ارائه اطلاعات علمی مرا در تهیه این کتاب یاری کرده‌اند، قدردانی می‌نمایم.

دکتر مهیالال^۳، دکتر ساتپوت^۴، دکتر سیکدر^۵، آقای گور^۶، دکتر سارواد^۷، دکتر کول‌کارنی^۸، خانم فلورنس مانول^۹، خانم جایا نایر^{۱۰}، خانم پالایاه^{۱۱}، دکتر گاوتام^{۱۲}، آقای پشو^{۱۳}، آقای تاکور^{۱۴}، خانم و آقای سوناوان^{۱۵}، آقای پندیت^{۱۶}، دکتر ساراوادکار^{۱۷}، آقای

¹ Dr. A.L. Moorthy

² Mr. K. Venkatesan

³ Dr. Mehialal

⁴ Dr. R.S. Satpute

⁵ Dr. A.K. Sikder

⁶ Mr. G.M. Gore

⁷ Dr. D.B. Sarwade

⁸ Dr. K.S. Kulkarni

⁹ Mrs. Florence Manuel

¹⁰ Mrs. Jaya Nair

¹¹ Mr. R.S. Palaiah

¹² Dr. G.K. Gautam

¹³ Mr. J.R. Peshwe

¹⁴ Mr. B.R. Thakur

¹⁵ Mr. H.P. Sonawane and Mrs. S.H. Sonawane

¹⁶ Mr. U.S. Pandit

¹⁷ Dr. R.G. Sarawadekar

کامات^۱، آقای سُن‌دارام^۲، دکتر بوهر^۳، آقای ودالی^۴، آقای قانک^۵، آقای وریانی^۶ و دکتر کول‌کارنی^۷ همچنین از خانم داهیتول^۸ برای انجام کار ماشین‌نویسی، آقای بهالراو^۹ برای اجرای کار هنری و آقای چاک‌راواری^{۱۰}، خانم تاکور^{۱۱}، خانم پیلانکار^{۱۲} و آقای مهایسک^{۱۳} به خاطر ارائه انواع حمایت‌ها و پشتیبانی‌ها ممنون و سپاسگزارم.

در اینجا از آقای کاپور^{۱۴}، مدیریت، CFEES و آقای آگاروال^{۱۵} مدیر هماهنگی آن در دهلی که در تهیه مطالب مربوط به ایمنی نهایت لطف و محبت را نسبت به بنده داشتند، تشکر و قدردانی می‌کنم. دکتر میلار^{۱۶}، کمپانی QinetiQ، وزارت دفاع انگلستان و دکتر وینگبورگ^{۱۷} مؤسسه پژوهش‌های دفاعی سوئد، شایسته تشکر ویژه بنده می‌باشند و من از آن‌ها به ترتیب برای ارائه اطلاعات بی‌شماری در مورد بایندرهای انرژی‌زا و اکسیدکننده‌ها و همچنین همیاری ایشان از طریق شرکت در مباحث فنی قدردانی می‌نمایم. بعلاوه به خاطر پشتیبانی که در هنگام جمع‌آوری مطالب

¹ Mr. P.V. Kamat
² Mr. S.G. Sundaram
³ Dr. B.M. Bohra
⁴ Mr. S.R. Vadali
⁵ Mr. G.K. Ghatak
⁶ Mr. N.L. Varyani
⁷ Dr. A.R. Kulkarni
⁸ Mrs. S.S. Dahitule
⁹ Mr. Bhalerao
¹⁰ Mr. K.K. Chakravarty
¹¹ Mrs. Rashmi Thakur
¹² Mrs. Ratna Pilankar
¹³ Mr. P.M. Mhaske
¹⁴ Mr. J.C. Kapoor
¹⁵ Dr. S.C. Agarwal
¹⁶ Dr. Ross W. Millar
¹⁷ Dr. Niklas Wingborg




دانشگاه صنعتی مالک اشتر

ISBN 978-600-5665-85-7



9 786005 665857